



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 04 497 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 T 8/36**  
B 60 T 13/68

⑰ Aktenzeichen: 101 04 497.6  
⑱ Anmeldetag: 31. 1. 2001  
⑲ Offenlegungstag: 8. 8. 2002

DE 101 04 497 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:  
100 04 516. 2 02. 02. 2001  
⑦① Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

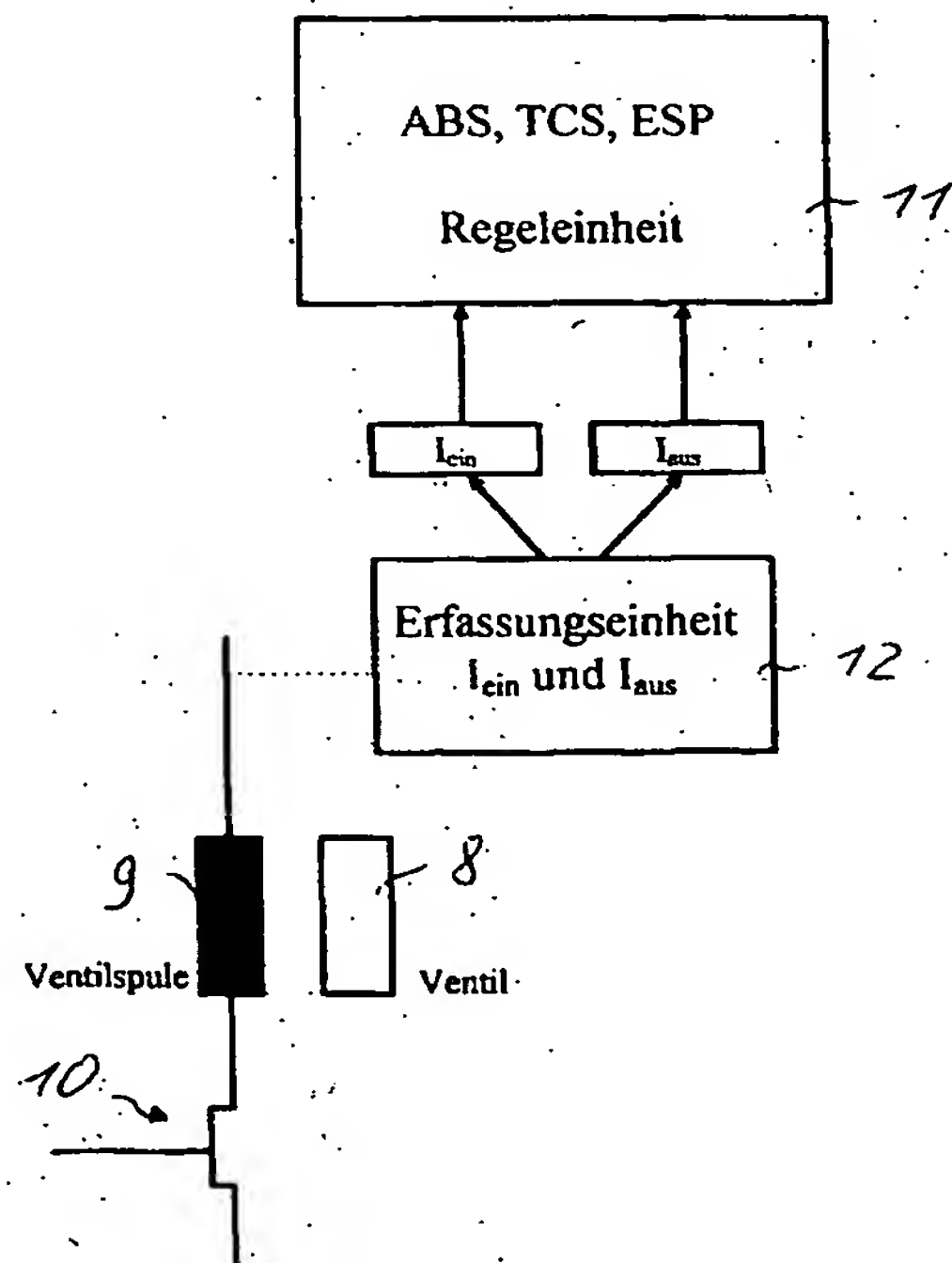
⑦② Erfinder:  
Schmidt, Robert, 56477 Rennerod, DE; Loos, Mirco,  
66583 Spiesen-Elversberg, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 198 50 386 A1  
DE 195 25 538 A1  
DE 195 08 329 A1  
DE 44 40 531 A1  
DE 22 57 236 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremsensystems  
⑤⑦ Bei einem Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremsensystems, bei dem der Bremsdruck mit Hilfe von Analogventilen gesteuert oder geregelt wird, wird die Höhe des Ventilstromes, d. h. des Ventilbetätigungsstromes, zum Zeitpunkt der Ventilumschaltung ( $I_{\text{ein}}$ ,  $I_{\text{aus}}$ ) erfasst und zur Berechnung und Vorgabe des Ventilstromes, der zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnittes erforderlich ist, herangezogen.



DE 101 04 497 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremsensystems, bei dem der Bremsdruck oder der Bremsdruckverlauf mit Hilfe von Analogventilen oder analogisierten Sitzventilen gesteuert und/oder geregelt wird.

[0002] Die in den heutigen Kraftfahrzeugen verwendeten Bremsanlagen mit elektronischer Regelung, wie Antiblockiersysteme (ABS), Antriebsschlupfregelungen (ASR, TCS), Fahrstabilitätssysteme (ESP) etc., verwenden ausschließlich oder überwiegend Schaltventile zur Steuerung und Einstellung des Bremsdruckes in den Radbremsen, wobei der von den Regelsystemen vorgegebene Soll-Bremsdruck durch Einzelpulse variabler Dauer oder durch Pulsfolgen eingestellt wird. Der gewünschte Gradient der Bremsdruckerhöhung oder Bremsdruckabsenkung kann dabei beispielsweise durch Vorgabe des Pulsdauer/Pulspausen-Verhältnisses der Ventilansteuerpulse oder -pulsfolgen eingestellt werden.

[0003] Beim Umschalten der Hydraulikventile entstehen Schaltgeräusche, die in manchen Fahrsituationen als besonders störend empfunden werden. Eine Maßnahme zur Reduzierung der störenden Geräusche ist die Verwendung von Analogventilen anstelle von Schaltventilen oder von sogenannten analogisierten Sitzventilen. Durch derartige Ventile ist im Prinzip die Nachbildung der Funktion von Schaltblenden möglich, die dazu dienen, den Bremsdruck über einen längeren Zeitraum mit reduziertem Gradienten aufzubauen. Das analogisierte Ventil wird zu diesem Zweck nur zum Teil geöffnet. Der Druckaufbaugradient kann durch Veränderung der Öffnung bzw. des Durchflussquerschnittes variiert werden.

[0004] Analogventile können auch anstelle von Festblendenventilen verwendet werden. Auch bei diesem Anwendungsfall ergibt sich eine Geräuschreduktion durch verlangsamtes Einschalten und Ausschalten der Ventile.

[0005] Die Nachbildung der Schaltblendenfunktion durch die Analogventile und die Verwendung dieser Ventile als Festblendenventile können auch miteinander kombiniert werden.

[0006] Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, dass die Ströme in dem zur Geräuschreduzierung notwendigen Arbeitsbereich bei Analogventilen in starkem Maße von dem Differenzdruck über dem Ventil abhängig sind.

[0007] Bei der Nachbildung der Funktion von Schaltblenden durch Analogventile ist folgendes zu beachten:

Eine definierte Öffnung des Ventils als Ersatz für die Funktion eines Schaltblendenventils kann nur dann ausreichend genau eingestellt werden, wenn die Stromwerte, bei denen das Ventil öffnet und schließt, hinreichend genau bekannt und reproduzierbar sind. Die Stromwerte, die zu einer definierten Öffnungsfläche des Ventils führen, hängen jedoch stark von der Druckdifferenz über dem Ventil ab.

[0008] Ohne zusätzliche Sensorik ist eine einigermaßen exakte Bestimmung des Stromwerts, bei dem das Ventil öffnet oder nur einen kleinen Querschnitt freigibt, nicht möglich. Im Extremfall führt diese Abweichungen oder Toleranzen dazu, dass trotz einer Ventilansteuerung kein Bremsdruck aufgebaut wird oder – dies ist der andere Extremfall – das Ventil vollständig öffnet und daher keine Schaltblenden-nachbildung gegeben ist.

[0009] Für die Realisierung einer Geräuschreduktion durch das verlangsamte Einschalten und Ausschalten ist folgendes von Bedeutung:

Den Strom, beginnend bei 0 mA, in Form einer Rampe ansteigen zu lassen, oder, beginnend mit dem maximalen

Stromwert, linear abzusenken, ist aus Sicht der Regelungstechnik keine geeignete Realisierungsform des Vorschlags, durch verlangsamtes Einschalten und Ausschalten eine Geräuschreduktion herbeizuführen. Durch diese Toleranzen sind nämlich im Regelungssystem der tatsächliche Öffnungszeitpunkt des Ventils und der dadurch bewirkte Bremsdruckaufbau in einer Radbremse nicht bekannt. Bei einer gegebenen Rampenfunktion kann der tatsächlich aufgebaute Bremsdruck in Abhängigkeit von dem Differenzdruck über dem Ventil um ein Vielfaches vom nominal gewünschten Wert oder Sollwert abweichen. Dies führt im Extremfall dazu, dass trotz einer Ventilansteuerung kein Bremsdruck aufgebaut wird. Wenn andererseits die Länge und die Form der rampenförmigen Ansteuerung für die Bremsdruckaufbaupulse so gewählt wird, dass ein Druckaufbau in jedem Fall gewährleistet ist, hat dies zur Folge, dass keine ausreichende Dosierbarkeit mehr besteht.

[0010] Zielführender ist eine möglichst sprunghafte Annäherung des Ventilstroms bis nahe an den Wert, bei dem das Ventil zu öffnen bzw. zu schließen beginnt. An diesen Wert kann dann eine rampenförmige Änderung angeschlossen werden. Dieses Vorgehen führt zur Geräuschverbesserung im Vergleich zu Schaltventilen. Durch das Ansetzen der Rampe an den tatsächlichen Öffnungszeitpunkt (oder Schließzeitpunkt) des Ventils wird eine recht genaue Dosierbarkeit erreicht. Leider kann jedoch ohne zusätzliche Sensorik der Stromwert, bei dem das Ventil öffnet oder schließt, nicht ausreichend genau bestimmt werden, weshalb auch dieser Lösungsweg in der Praxis ausscheidet.

[0011] Aus der DE 22 57 236 B2 ist auch bereits ein Hydraulikkreis mit einem von elektrischen Steuersignalen beaufschlagbaren Magnetventil und mit Mitteln zur Bestimmung des auf den Ventilanker eine Kraft ausübenden Differenzdrucks zwischen den Hydraulikflüssigkeiten zu beiden Seiten des Ventilsitzes bekannt. Der nach dem Einschalten des Ventil-Ansteuersignals ansteigende Strom erfährt eine sprunghafte Änderung oder Unstetigkeit, sobald die Ventillankerbewegung einsetzt. Diese Unstetigkeit wird zur Bestimmung des Ventilschaltzeitpunktes ausgewertet.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu entwickeln, das die vorgenannten Nachteile bei der Ansteuerung von Analogventilen oder analogisierten Sitzventilen überwindet und eine exakte Steuerung des Druckes bei der Verwendung solcher Ventile ermöglicht, und zwar ohne zusätzliche Sensorik.

[0013] Es hat sich gezeigt, dass diese Aufgabe mit dem im Anspruch 1 beschriebenen Verfahren gelöst werden kann. Eine besonders vorteilhafte Ausführungsart der Erfindung ist im Anspruch 2 beschrieben.

[0014] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung anhand der beigefügten Abbildungen hervor.

[0015] Es zeigen:

[0016] Fig. 1 im Diagramm und in schematischer Vereinfachung den Durchfluss durch ein Analogventil in Abhängigkeit vom Ansteuerstrom bzw. Ventilstrom sowie von der Änderungsrichtung des Ventilstroms und

[0017] Fig. 2 in schematischer Darstellung das Prinzip der Druckssteuerung mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0018] Das Diagramm nach Fig. 1 veranschaulicht das Verhalten eines Analogventils oder analogisierten Sitzventils und den Durchfluss von Druckmittel durch das Ventil in Abhängigkeit von dem Ventilbetätigungsstrom. Die verschiedenen Phasen 1 bis 7, die auch den rampenförmigen Übergang vom geschlossenen Ventil zum offenen Ventil und umgekehrt einschließen, sind durch die Bezugsziffern und Pfeile 1 bis 7 in Fig. 1 symbolisiert.

[0019] Die Darstellung nach Fig. 1 gilt für ein stromlos offenes Ventil. Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren interessiert insbesondere ein Betätigungsweg entsprechend den Stationen 1 bis 7. In der Position 1 fließt ein für das Sperren des Ventils oder Schließen des Durchflusses durch das Ventil ausreichender Strom. Zum Wiederöffnen des Ventils wird dieser Strom entlang des Pfeils 2 reduziert, bis zu einem Zeitpunkt oder Stromwert  $I_{\text{ein}}$ , bei dem das Wiederöffnen des hier betrachteten Ventils einsetzt. Entlang einer Rampe oder des Pfeils 3 wird der Strom linear reduziert, was ein entsprechendes Ansteigen des Durchflusses oder Durchflussquerschnittes durch das Analogventil zur Folge hat. In der Position 4 ist das Ventil – vom Typ stromlos offen – wiedervollständig geöffnet.

[0020] Beim Erhöhen des Stromes entlang des Pfeils 5 wird ein Stromwert  $I_{\text{aus}}$  erreicht, der das Einsetzen der Querschnittsverringern und Durchflussminderung durch das hier betrachtete Analogventil oder analogisierte Sitzventil markiert. Entlang der Rampe 6 wird der Ventilbetätigungsstrom weiter erhöht, bis schließlich die Position 7 und damit ein vollständiges Unterbinden des Durchflusses erreicht ist.

[0021] Fig. 2 zeigt die wesentlichen Komponenten – in schematisch vereinfachter Darstellung – eines Systems bzw. eines Teils eines geregelten Bremsensystems zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0022] Fig. 2 dient zur Veranschaulichung des dem erfindungsgemäßen Verfahren zugrunde liegenden Prinzips. Dargestellt ist lediglich – als Teil einer geregelten Bremsanlage, an dem das erfindungsgemäße Verfahren verwirklicht wird – ein Bremsdruckregelventil 8 mit der zugehörigen Ventilbetätigungsspule 9 – alle Komponenten sind rein symbolisch dargestellt – eines Bremsdrucksteuerventils, das als Analogventil oder als analogisiertes Sitzventil ausgebildet sein soll.

[0023] Die Ansteuerung des Ventils 8 oder, richtiger, der Ventilschleule 9 des Ventils 8 erfolgt mit Hilfe eines angedeuteten Transistors oder Endstufe 10. Das Ganze ist Bestandteil eines elektronisch geregelten Bremsensystems, beispielsweise eines Antiblockiersystems (ABS), eines Antriebsschlupfregelungssystems (ASR, TCS), eines Fahrstabilitätsregelungssystems (ESP) oder dergleichen. Die entsprechende Regeleinheit ist in Fig. 2 mit der Bezugsziffer 11 versehen.

[0024] Der Strom durch die Ventilschleule 9 wird in der schematisch anhand der Fig. 1 erläuterten Weise gesteuert. Mit Hilfe einer Erfassungseinheit 12 wird beim Erhöhen und/oder beim Reduzieren des durch die Ventilschleule 9 fließenden Stromes das Ansprechen des (nicht dargestellten) Ventilkörpers eines Ventils 8, also der Beginn des Öffnens oder des Schließens des Analogventils oder analogisierten Sitzventils ermittelt. Bekanntlich ergibt sich im Verlauf des Stromes durch die Änderung der Induktivität eine Unstetigkeit, die zum Erkennen einer Ventilankerbewegung, d. h. des beginnenden Öffnens oder Schließens des Ventils, ausgewertet werden kann. Nach vorliegender Erfindung wird diese Unstetigkeit im zeitlichen Verlauf des Ansteuerstroms oder Ventilstroms durch die Schleule 9 oder ein anderes geeignetes Kriterium zum Erkennen der Ventilumschaltung oder des Einsetzens der Ventilankerbewegung ausgewertet. Der zum Zeitpunkt der beginnenden Ventilumschaltung fließende Strom wird erfasst ( $I_{\text{ein}}$  bzw.  $I_{\text{aus}}$ ) und ein entsprechendes Signal der Regeleinheit 11 zugeführt.

[0025] Nach einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein stromlos offenes Analogventil oder analogisiertes Sitzventil 8 zur Bremsdrucksteuerung verwendet. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Ventilstrom beim Reduzieren des Betätigungsstroms in Richtung auf ein Wiederöffnen des Ventils für den Durchfluss erfasst und in Abhängigkeit von dem Strom beim Wiederöffnen des

Ventils die Höhe des Ventilstroms zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnitts ausgewertet.

[0026] Das Ansprechen eines Hydraulikventils ist bekanntlich, wie schon zuvor dargelegt wurde, von dem Differenzdruck über dem Ventil abhängig. Die Information über den Differenzdruck kann grundsätzlich mit Hilfe des gemessenen Fahrervordrucks, beispielsweise durch einen Drucksensor im Hauptzylinder, sowie auf Basis des in bekannter Weise durch Modellbildung geschätzten Raddrucks gewonnen werden.

[0027] Ein dazu alternativer Ansatz besteht darin, die Ventilschaltzeitpunkte zur Ansteuerung der Analogventile oder analogisierte Sitzventile zu erfassen. Erfindungsgemäß wird der Strom im Zeitpunkt der Ventilschaltung erfasst und den Regelalgorithmen bzw. der Regeleinheit 11 (siehe Fig. 2) zugänglich gemacht. Dadurch wird eine Nachbildung der Schaltblende durch die Analogventile und gleichzeitig eine Geräuschreduktion durch verlangsamtes Einschalten und Ausschalten der Ventile erreicht.

[0028] Vorteilhaft ist bei diesem Lösungsweg, dass durch die Erfassung der Stromwerte, bei denen das hier verwendete Analogventil oder analogisierte Sitzventil öffnet und schließt, dem Regler bzw. der Regeleinheit 11 bei jedem Schaltvorgang eine Information zur Verfügung gestellt wird. Das Kennfeld (Durchfluss über dem Strom) muss dem Regler im Gegensatz zu Verfahren, die auf eine Messung des Differenzdruckes über dem Ventil beruhen, nicht exakt bekannt sein. Das Ventilverhalten darf ohne nachteilige Auswirkung auf das Regelverhalten Schwankungen bzw. Toleranzen aufweisen; solche Schwankungen sind durch Fertigungstoleranzen, Temperatureinflüsse und Alterung unvermeidbar.

[0029] Es ist auch denkbar, eine Kombination mit einer Druckmessung zu verwenden, was dann zu einer "robusteren" Regelung für die Nachbildung der Schaltblendenfunktion führt, wodurch Anforderungen an die Konstanz der Ventilkennlinien reduziert werden können.

[0030] Nach Kenntnis des in der jeweiligen Situation benötigten Stromes, bei dem das Ventil umschaltet oder die Ventilumschaltung einsetzt, ist es möglich, durch bestimmte Erhöhung oder Reduzierung des Stromes den aktuellen Sollwert der nachgebildeten Schaltblende oder, in anderen Worten, den Soll-Durchflussquerschnitt relativ exakt vorzugeben. Ohne Kenntnis des Ventilstroms zum Zeitpunkt der Ventilumschaltung wäre dies wegen der starken Abhängigkeit des Schaltpunktes von der Druckdifferenz über dem Ventil nicht möglich.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung des Druckes in den Radbremsen eines elektronisch geregelten Bremsensystems, bei dem der Bremsdruck oder der Bremsdruckverlauf mit Hilfe von Analogventilen oder analogisierten Sitzventilen gesteuert und/oder geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Höhe des Ventilstroms ( $I_{\text{ein}}$ ,  $I_{\text{aus}}$ ), d. h. des Ventilbetätigungs- oder Ventilsteuerungsstroms, zum Zeitpunkt der Ventilumschaltung erfasst wird und zur Berechnung sowie Vorgabe des Ventilstromes, der zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnitts des Ventils (8) erforderlich ist, herangezogen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Analogventile oder analogisierte Sitzventile stromlos offene Ventile (8) verwendet werden, dass der Ventilstrom beim Reduzieren des Betätigungsstroms in Richtung auf ein Wiederöffnen (Pfeile 1, 2, 3, 4) des zuvor im Regelverlauf geschlossenen Ventils er-

fasst wird und dass in Abhängigkeit von dem Stromwert ( $I_{\text{ein}}$ ) beim Wiederöffnen des Ventils (8) die Höhe des Ventilstroms, der zur Einstellung des Soll-Durchflussquerschnitts erforderlich ist, errechnet und vorgegeben wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

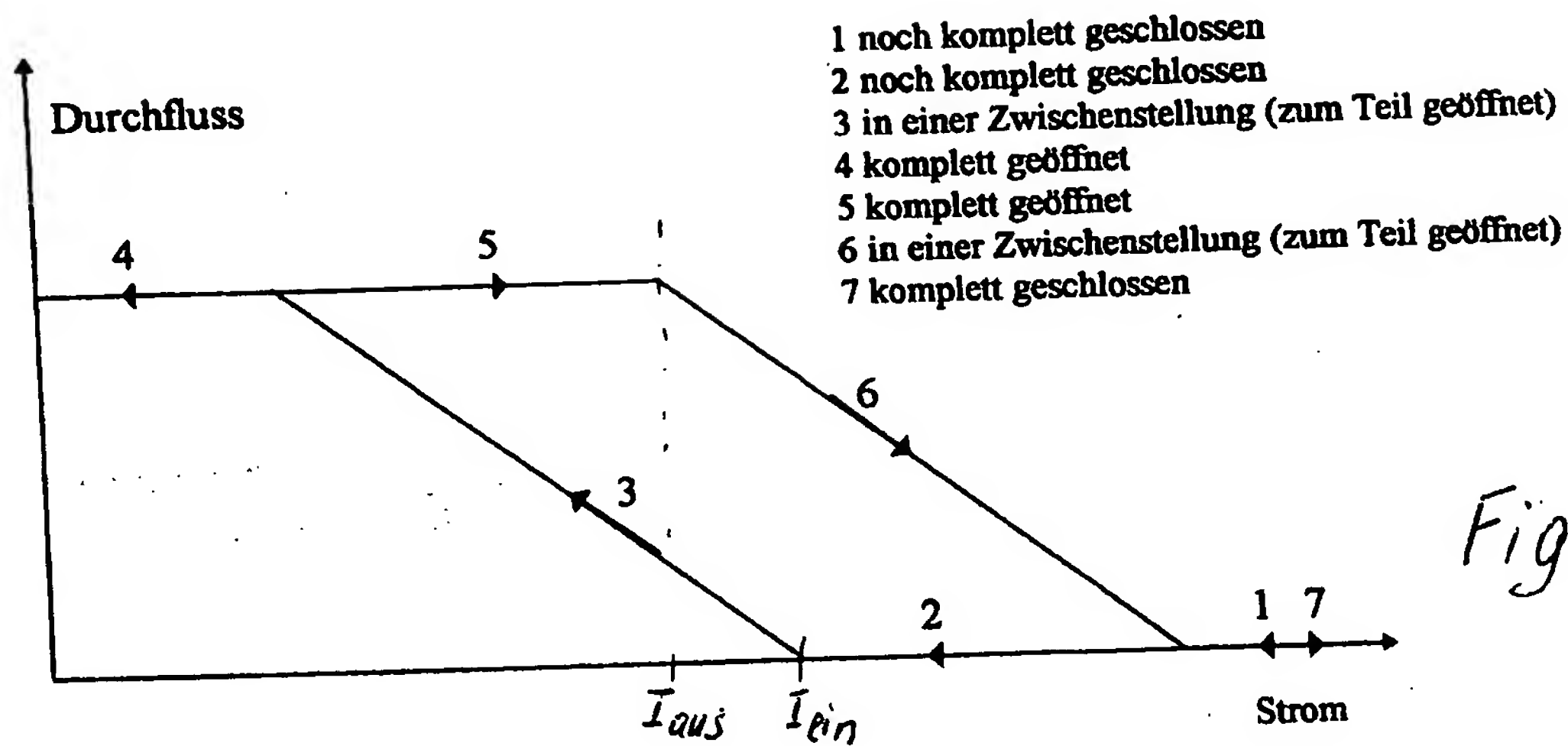


Fig. 1

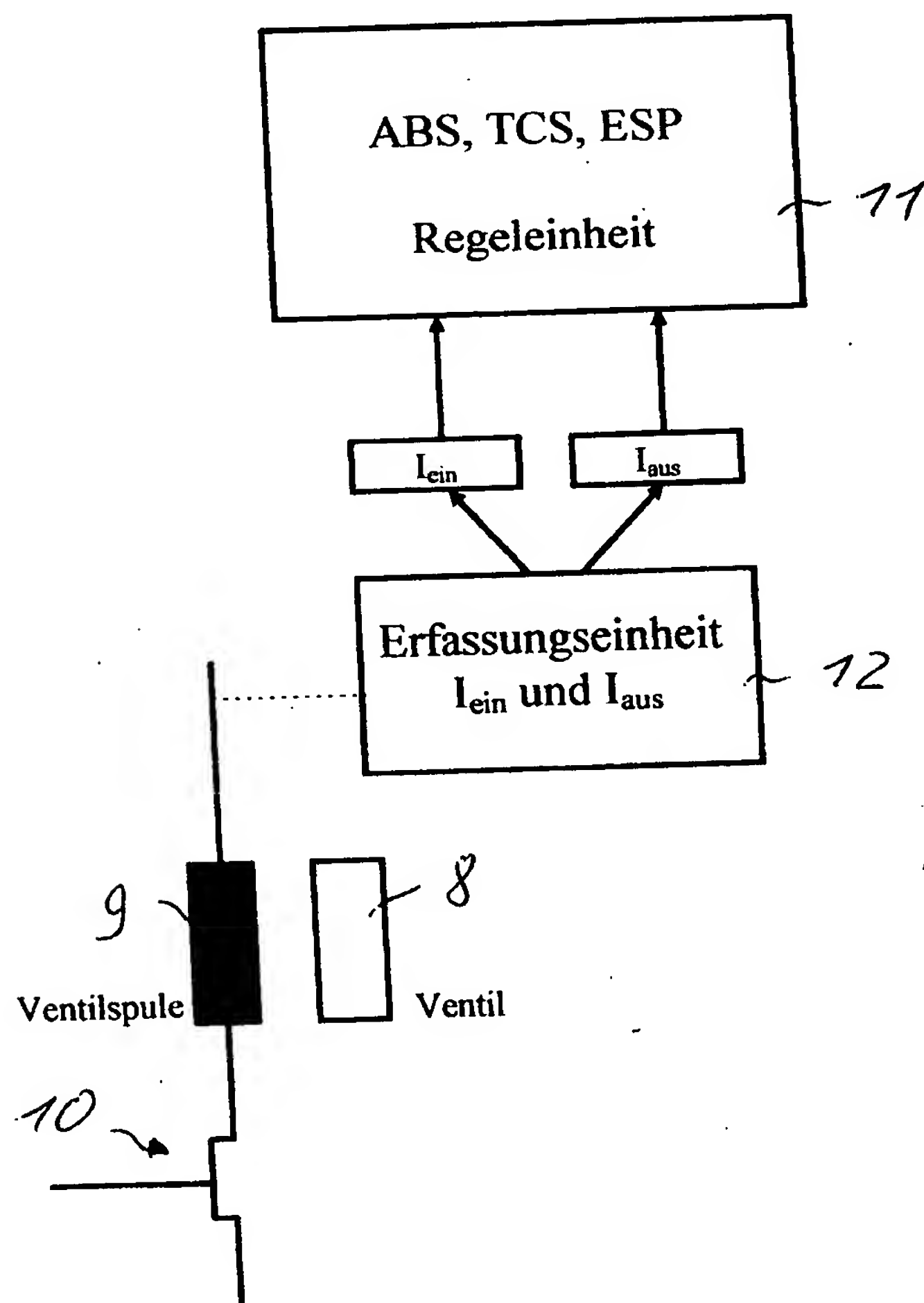


Fig. 2